

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

—  
PARIS  
—

⑪ N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 468 441**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

②① **N° 79 27298**

---

⑤④ Procédé de reproduction ou de contrôle d'une pièce à partir d'un modèle, et dispositif pour sa mise en œuvre.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. 3). B 23 Q 35/121 // B 21 C 37/15.

②② Date de dépôt..... 6 novembre 1979.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 19 du 8-5-1981.

---

⑦① Déposant : AGENCE NATIONALE POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA PRODUCTION AUTOMATISEE (ADEPA), Association régie par la loi de 1901, résidant en France.

⑦② Invention de : Pierre Bourdet, André Clément et Claude Pierron.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet André Bouju,  
38, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

La présente invention concerne un procédé pour reproduire, de façon sensiblement identique, ou pour contrôler la conformité d'une pièce à partir d'un modèle, au moyen d'une machine à former, le modèle étant composé  
5 d'un certain nombre de portions cylindriques raccordées par des coudes, tel qu'une tuyauterie.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

Le problème concret plus particulièrement envisagé ici est celui de la réalisation économique de tuyau-  
10 teries de faible diamètre, relativement sinueuses et compliquées telles qu'on en rencontre dans les équipements aéronautiques.

Il est connu de partir d'un modèle de tuyaute-  
15 rie que l'on fixe sur un marbre et que l'on palpe au moyen d'un palpeur mobile suivant trois directions de l'espace. Le palpeur, manoeuvrable à la main, est appliqué successivement en deux points de chaque tronçon rectiligne, et, à chaque fois, ses trois coordonnées sont notées, ce qui  
20 donne la position et la direction de chaque tronçon. Ces données sont utilisées ensuite sur une machine à former.

Un inconvénient essentiel de cette façon de procéder est sa lenteur. En effet, la nécessité d'appliquer correctement le palpeur sur la tuyauterie conduit à  
25 lui donner une forme en dièdre et à lui conférer deux degrés de liberté supplémentaires pour permettre d'appliquer les deux plans du dièdre tangentielllement sur la tuyauterie. Outre la complication mécanique qui résulte de ces cinq degrés de liberté, l'opération est obligatoirement manuelle.  
30

Une mécanisation serait théoriquement concevable mais se heurterait à des obstacles pratiques insurmontables. Il serait en effet pratiquement impossible de faire venir les deux plans du palpeur tangents à la tuyau-  
35 terie suivant une génératrice de celle-ci, et toute tenta-

tive en ce sens risquerait d'exercer sur le modèle des efforts considérables, provoquant des déformations élastiques conduisant à des mesures fausses, ou même des déformations permanentes détériorant le modèle.

La présente invention vise à réaliser un procédé de palpéage qui permette une conduite automatique de l'opération sans donner lieu aux inconvénients précités.

Suivant l'invention, le procédé pour reproduire de façon sensiblement identique ou pour contrôler la conformité d'une pièce à partir d'un modèle, au moyen d'une machine à former munie d'un étage de calcul et de commande, cette pièce étant composée d'un certain nombre de portions cylindriques raccordées par des coudes, telle qu'une tuyauterie, comporte un palpéage mécanique du modèle pour en déduire des données géométriques utilisables par l'étage de calcul de la machine à former. Il est caractérisé en ce qu'on effectue les opérations suivantes :

a/ on amène au contact d'une portion cylindrique un palpeur rectiligne et l'on enregistre la position de ce palpeur,

b/ on déplace le palpeur en translation parallèlement à lui-même, on le ramène au contact du cylindre dans sa nouvelle position, et l'on enregistre cette nouvelle position,

c/ on calcule les coordonnées du plan défini par les deux positions précitées du palpeur,

d/ on effectue la même opération qu'en a/ au moyen d'un palpeur déplacé angulairement par rapport à la position définie en a/,

e/ on effectue la même opération qu'en b/ à partir de la position du palpeur définie en d/,

f/ on calcule les coordonnées du plan défini par les positions du palpeur enregistrées en d/ et e/,

g/ on calcule, à partir des coordonnées des

deux plans précités, la direction et la position de la portion cylindrique considérée pour commander la machine à former.

L'opération de palpage est simplifiée de façon importante, puisqu'il s'agit d'appliquer sur le cylindre non plus un plan tangent mais une droite tangente.

Cette application ne nécessite aucun degré de liberté de la part du palpeur proprement dit, puisque la droite en question peut occuper n'importe quelle position dans le plan tangent non matérialisé qui la contient. Aucun effort n'a de raison d'être exercé, de sorte que les opérations de palpage successives peuvent être mécanisées sans risques et être menées par télécommande à vue, ou même par commande automatique programmée.

Le plan tangent dont la connaissance est nécessaire est ensuite déterminé par le calcul, à partir des deux droites tangentes qu'il contient.

Suivant une réalisation préférée du procédé, on effectue d'abord les opérations a/ et d/ au moyen de deux palpeurs distincts portés par un même support, puis les opérations b/ et e/, et enfin les autres opérations.

Comme on le verra plus loin, l'emploi de deux palpeurs simplifie les opérations.

Suivant un autre aspect de l'invention, le dispositif pour reproduire de façon sensiblement identique ou pour contrôler la conformité d'une pièce à partir d'un modèle, au moyen d'une machine à former munie d'un étage de calcul et de commande, cette pièce étant composée d'un certain nombre de portions cylindriques raccordées par des coudes, telle qu'une tuyauterie, et notamment pour appliquer un procédé conforme à celui décrit plus haut, comprend des moyens mobiles de palpage du modèle fixé sur un marbre, des moyens de repérage de la position du modèle

et des moyens pour transmettre à l'étage de calcul et de commande précité des informations définissant la position des moyens de palpation. Il est caractérisé en ce que les moyens de palpation comprennent au moins une réglette rectiligne déplaçable pour être appliquée tangentielle-  
5 ment au modèle en tout point prédéterminé de ce dernier, et des moyens sensibles au contact de la réglette avec le modèle pour émettre un signal de contact.

Dès que la réglette arrive au contact, ce  
10 signal est utilisé pour arrêter immédiatement son déplacement, de sorte qu'aucun effort notable ne vient s'exercer sur le modèle ou sur la pièce en cours de contrôle.

De préférence, le dispositif comprend deux réglettes de palpation disposées angulairement l'une par  
15 rapport à l'autre, ces deux réglettes étant fixées sur un même support déplaçable.

On peut ainsi opérer deux palpations successives sans avoir à opérer de manoeuvre autre qu'une simple translation du support, pour amener au contact la seconde  
20 réglette.

Suivant une disposition avantageuse de l'invention, le support est déplaçable suivant trois directions de l'espace et orientable angulairement autour de deux axes, et des liaisons sont prévues avec l'étage de calcul  
25 et de commande pour enregistrer toute position prédéterminée du support.

Dès que le contact est établi, la position de la réglette correspondante est immédiatement mise en mémoire en vue du calcul ultérieur.

Suivant une réalisation préférée de l'invention, les moyens sensibles au contact de la réglette comprennent une partie élastique du support et des moyens sensibles à la déformation de cette partie élastique.

Bien entendu, l'élasticité en question est suffisante pour ne pas laisser se produire d'efforts de con-  
35

tact importants. Les moyens sensibles à la déformation comprennent avantageusement une jauge de contrainte fixée sur la partie élastique et reliée à l'étage de calcul et de commande par l'intermédiaire d'un étage  
5 d'amplification.

La commande électrique ainsi réalisée présente toutes les qualités d'exactitude et de rapidité nécessaires.

Suivant une réalisation perfectionnée de l'in-  
10 vention, chaque dispositif d'orientation du support comprend des moyens de verrouillage pour bloquer le support dans une position angulaire prédéterminée sélectivement.

En cas de changement important de l'orientation du modèle, on a ainsi la possibilité de donner aux ré-  
15 glettes un changement d'orientation du même ordre. De par le principe même de l'invention, ce changement n'a pas besoin de suivre avec précision celui du modèle, et l'on peut se contenter, pour le support, d'un certain nombre de positions prédéterminées entre lesquelles on  
20 choisit celle qui convient le mieux.

Dans une réalisation préférée de l'invention, chaque dispositif d'orientation du support comprend deux plateaux coaxiaux rotatifs l'un par rapport à l'autre et appliqués l'un contre l'autre par des moyens élastiques  
25 par l'intermédiaire de billes logées partiellement dans des cavités ménagées dans les plateaux.

De façon avantageuse, les réglettes sont sensiblement perpendiculaires l'une à l'autre, ce qui permet une détermination précise des deux plans tangents.

Suivant un autre perfectionnement de l'inven-  
30 tion, chaque réglette comprend une tige dans laquelle est insérée longitudinalement une feuille mince dont la tranche est orientée en direction du modèle à palper.

Cette disposition permet d'apprécier le contact  
35 avec une excellente précision.

D'autres particularités et avantages de l'invention ressortiront encore de la description détaillée qui va suivre.

Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemple non limitatif :

- la Figure 1 est une vue d'ensemble, en perspective, d'un dispositif conforme à l'invention,
- la Figure 2 est une vue détaillée des réglettes et de leur support,
- la Figure 3 est une vue partielle en coupe suivant III-III de la Figure 2,
- la Figure 4 est une vue en coupe suivant IV-IV de la Figure 2,
- la Figure 5 est un schéma électrique du système de détection de contact,
- la Figure 6 est une vue en perspective destinée à illustrer le fonctionnement du dispositif.

En référence à la Figure 1, un marbre 1 porte un bâti 2 mobile suivant la direction X. Le bâti 2 comprend un pont 3 sur lequel glisse un coulisseau 4 suivant la direction Y. Enfin, dans le coulisseau 4 glisse une pièce 5 suivant la direction Z. A l'extrémité de la pièce 5 est fixé un ensemble de palpé 6.

La construction de cet ensemble est effectuée suivant les règles de l'art, de manière que la coopération des diverses pièces mobiles les unes par rapport aux autres s'effectue sans jeu appréciable.

Il est prévu des moyens mécaniques de commande des pièces mobiles, ainsi que des moyens de détection et de transmission de leurs positions respectives. Pour plus de clarté, ces moyens, d'un type connu, n'ont pas été représentés. Ils sont reliés à un étage de calcul d'une machine à former. Les coordonnées de l'ensemble 6 sont donc à tout instant communiquées à cet étage.

L'ensemble de palpé 6 (Figures 2 à 4) comprend

un tube 7 fixé par une de ses extrémités à la pièce 5 par l'intermédiaire d'une bride 8 et portant à son autre extrémité un support 9 muni de deux réglettes de palpage 11a, 11b.

5 Une cavité 12 ménagée dans la bride 8 reçoit une plaque 13 venant s'appliquer sur un épaulement 14 de la bride 8. De la même façon, une plaque 15 vient s'appuyer sur un épaulement 16 de la plaque 13. Les plaques 13 et 15 sont percées en leur centre pour laisser  
10 passer l'extrémité d'un ressort 17 qui vient s'accrocher sur une tige 18 dont les extrémités se logent dans des créneaux d'une bordure périphérique de la plaque 15. L'autre extrémité du ressort 17 est accrochée à une goupille 19 traversant le tube 7.

15 Le ressort 17, fonctionnant en traction, applique le tube 7 contre la bride 8. Le tube 7 porte une bride 21 soudée pourvue de trois logements pour des billes 22 dont deux sont disposées à  $90^\circ$  l'une de l'autre, la troisième se situant sur la bissectrice des deux pre-  
20 mières. D'autre part, la bride 8 comporte, sur sa face faisant vis-à-vis à la bride 21, six logements en V 23 disposés à  $45^\circ$  l'un de l'autre.

Il existe donc six positions angulaires du tube 7 pour lesquelles trois logements 23 se trouvent chacun  
25 vis-à-vis d'une des billes 22. Grâce à la traction du ressort 7, ces six positions bénéficient chacune d'un verrouillage.

Le support 9 (Figures 2 et 3) est fixé de manière sensiblement identique sur une bride 24 portée sur  
30 le tube 7 à son autre extrémité, mais dans un plan vertical. On a d'ailleurs reporté sur cette fixation les mêmes numéros de référence que ceux utilisés pour la fixation supérieure qui vient d'être décrite.

Le support 9 comprend une plaque 25 fixée de  
35 la manière qui vient d'être dite et cette plaque porte



deux bras 26a, 26b qui font corps avec elle par une de leurs extrémités. A leur autre extrémité, ils portent respectivement les réglettes 11a et 11b dont les parties utiles sont à 90° l'une de l'autre. Ces réglettes sont  
5 enfilées dans des trous des bras et bloquées par des vis pointeaux 27a, 27b. Dans l'exemple décrit, elles sont constituées par des tiges rondes où sont insérés des feuillards 28 (Figure 4) en vue d'assurer une détermination plus précise du contact (Figure 6).

10 Les bras 26a, 26b comportent, dans leur milieu, une partie amincie en vue de leur conférer une certaine élasticité. Sur cette partie amincie sont collées des jauges de contrainte (non représentées) destinées à détecter toute déformation élastique de ces bras.

15 Les jauges de contrainte sont constituées en un pont 29 (Figure 5) alimenté par un générateur de tension de référence 31 et relié à un amplificateur 32 à haute impédance d'entrée par l'intermédiaire d'un câble blindé 33. La sortie de l'amplificateur 32 attaque un étage de  
20 détection de seuil 34 qui délivre un signal de contact 35.

Un étage d'alimentation générale continue 36 alimente en parallèle l'amplificateur 32 et le générateur de tension de référence 31.

25 On va maintenant expliquer le fonctionnement du dispositif qui vient d'être décrit. Cette explication constitue une description du procédé objet de l'invention.

Pour réaliser une tuyauterie, on commence par fixer solidement sur le marbre 1 un modèle 37 au moyen de  
30 supports 38 (Figure 1).

On oriente à la main le tube 7 et le support de palpation 9 dans des positions définies par les systèmes à bille décrits plus haut de manière que le plan défini par les réglettes 11a et 11b soit aussi voisin que possible  
35 d'un plan de section droite de la tuyauterie modèle.

Puis, au moyen d'un boîtier de télécommande, on amène l'une des réglottes, par exemple la réglotte 11a, au contact du modèle 37 (Figure 6). Ce contact, décelé par les jauges de contraintes en raison de la  
5 légère flexion du bras 26a dans sa partie amincie, provoque l'apparition du signal de contact 35 qui a pour effet d'arrêter le déplacement du support 9 et de provoquer la mise en mémoire de sa position dans l'étage de calcul de la machine à former.

10 On déplace alors le support 9 en faisant glisser la réglotte 11a sur le modèle 37 jusqu'à ce que la réglotte 11b vienne à son tour au contact du modèle, ce qui produit les mêmes effets que plus haut.

Toujours au moyen de la télécommande, on écarte  
15 alors légèrement l'ensemble du modèle, puis on effectue à nouveau les deux opérations de contact dans une nouvelle position marquée 109 pour le support, et 11a, 11b pour les réglottes.

La connaissance des coordonnées des droites 11a  
20 et 11a donne un plan tangent, et celle des coordonnées des droites 11b et 11b en donne un autre. A partir de ces deux plans tangents, l'algorithme de calcul chargé dans l'étage de calcul détermine la direction du tronçon de tuyauterie qui vient d'être palpé, connaissant le  
25 diamètre du tube. L'étage de calcul commande alors à la machine à former d'exécuter les opérations de cintrage correspondantes.

Les opérations de palpage sont effectuées une  
fois pour toutes sur un modèle donné. Les coordonnées  
30 successives obtenues sont stockées en mémoire dans l'étage de calcul et servent à la fabrication de tous les exemplaires de tuyauterie demandés.

Dans son principe même, chaque opération de palpage est effectuée très simplement, donc très rapide-  
35 ment, puisqu'il suffit d'amener la réglotte tangente

au modèle, sans se préoccuper de son orientation, ce qui n'est pas le cas lorsqu'il s'agit d'amener un plan au contact le long d'une génératrice.

De même, contrairement au plan tangent, le contact est établi immédiatement et sans erreur possible. Tout effort accidentel important sur le modèle est exclu, ce qui permet un fonctionnement automatique rapide.

Le même procédé peut s'appliquer, avec le même dispositif, au contrôle des tuyauteries fabriquées, en remplaçant le modèle 37 par une tuyauterie à contrôler. On palpe alors cette tuyauterie et l'on vérifie que les coordonnées relevées correspondent bien à la forme mise en mémoire dans l'étage de calcul.

Divers modes opératoires sont possibles. En particulier, on peut palper par télécommande un premier exemplaire de tuyauterie en définissant et en stockant un programme de palpation. Grâce à ce programme, le contrôle des exemplaires suivants s'effectue de façon entièrement automatique.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à l'exemple décrit mais couvre encore toute variante mineure dans le procédé comme dans le dispositif.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour reproduire de façon sensible-  
ment identique ou pour contrôler la conformité d'une  
pièce à partir d'un modèle, au moyen d'une machine à  
5 former munie d'un étage de calcul et de commande, cette  
pièce étant composée d'un certain nombre de portions  
cylindriques raccordées par des coudes, telle qu'une  
tuyauterie, ce procédé comportant un palpé mécanique  
du modèle pour en déduire des données géométriques uti-  
10 lisables par l'étage de calcul de la machine à former,  
caractérisé en ce qu'on effectue les opérations suivantes :
- a/ on amène au contact d'une portion  
cylindrique un palpeur rectiligne et l'on enregistre la  
position de ce palpeur,
- 15 b/ on déplace le palpeur en translation  
parallèlement à lui-même, on le ramène au con-  
tact du cylindre dans sa nouvelle position, et l'on  
enregistre cette nouvelle position,
- c/ on calcule les coordonnées du plan  
20 défini par les deux positions précitées du palpeur,
- d/ on effectue la même opération qu'en a/  
au moyen d'un palpeur déplacé angulairement par rapport  
à la position définie en a/,
- e/ on effectue la même opération qu'en b/  
25 à partir de la position du palpeur définie en d/,
- f/ on calcule les coordonnées du plan  
défini par les positions du palpeur enregistrées en d/  
et e/,
- g/ on calcule, à partir des coordonnées  
30 des deux plans précités, la direction et la position  
de la portion cylindrique considérée pour commander la  
machine à former.
2. Procédé conforme à la revendication 1,  
caractérisé en ce qu'on effectue d'abord les opérations a/  
35 et d/ au moyen de deux palpeurs distincts portés par un

même support, puis les opérations b/ et e/, et enfin les autres opérations.

3. Dispositif pour reproduire de façon sensiblement identique ou pour contrôler la conformité d'une pièce à partir d'un modèle, au moyen d'une machine à former munie d'un étage de calcul et de commande, cette pièce étant composée d'un certain nombre de portions cylindriques raccordées par des coudes, telle qu'une tuyauterie, et notamment pour appliquer un procédé conforme à l'une des revendications 1 ou 2, ce dispositif comprenant des moyens mobiles de palpation du modèle fixé sur un marbre, des moyens de repérage de la position du modèle et des moyens pour transmettre à l'étage de calcul et de commande précité des informations définissant la position des moyens de palpation, caractérisé en ce que les moyens de palpation comprennent au moins une réglette rectiligne déplaçable pour être appliquée tangentiellement au modèle en tout point prédéterminé de ce dernier, et des moyens sensibles au contact de la réglette avec le modèle pour émettre un signal de contact.

4. Dispositif conforme à la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend deux réglettes de palpation disposées angulairement l'une par rapport à l'autre, ces deux réglettes étant fixées sur un même support déplaçable.

5. Dispositif conforme à la revendication 4, caractérisé en ce que le support est déplaçable suivant trois directions de l'espace et orientable angulairement autour de deux axes, des liaisons étant prévues avec l'étage de calcul et de commande pour enregistrer toute position prédéterminée du support.

6. Dispositif conforme à la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens sensibles au contact de la réglette comprennent une partie élastique du support et des moyens sensibles à la déformation de cette

partie élastique.

7. Dispositif conforme à la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens sensibles à la déformation comprennent une jauge de contrainte fixée sur la  
5 partie élastique et reliée à l'étage de calcul et de commande par l'intermédiaire d'un étage d'amplification.

8. Dispositif conforme à la revendication 7, caractérisé en ce que chaque dispositif d'orientation du support comprend des moyens de verrouillage pour bloquer  
10 le support dans une position angulaire prédéterminée sélectivement.

9. Dispositif conforme à la revendication 8, caractérisé en ce que chaque dispositif d'orientation du support comprend deux plateaux coaxiaux rotatifs l'un  
15 par rapport à l'autre et appliqués l'un contre l'autre par des moyens élastiques par l'intermédiaire de billes logées partiellement dans des cavités ménagées dans les plateaux.

10. Dispositif conforme à l'une des revendications 4 à 9, caractérisé en ce que les réglettes sont  
20 sensiblement perpendiculaires l'une à l'autre.

11. Dispositif conforme à l'une des revendications 3 à 10, caractérisé en ce que chaque réglette  
25 comprend une tige dans laquelle est insérée longitudinalement une feuille mince dont la tranche est orientée en direction du modèle à palper.

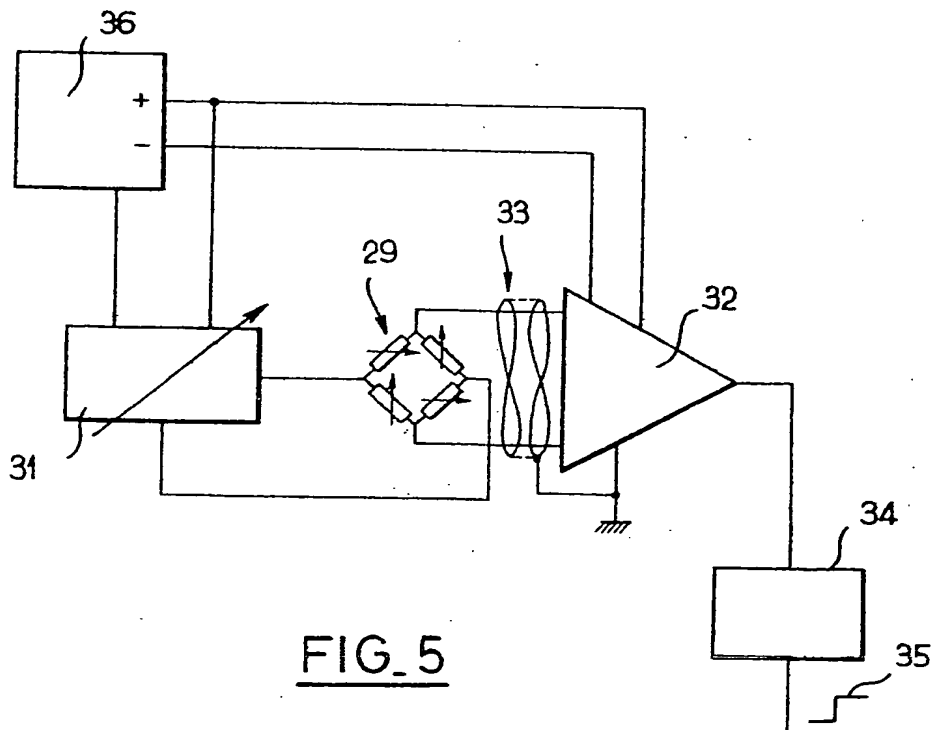
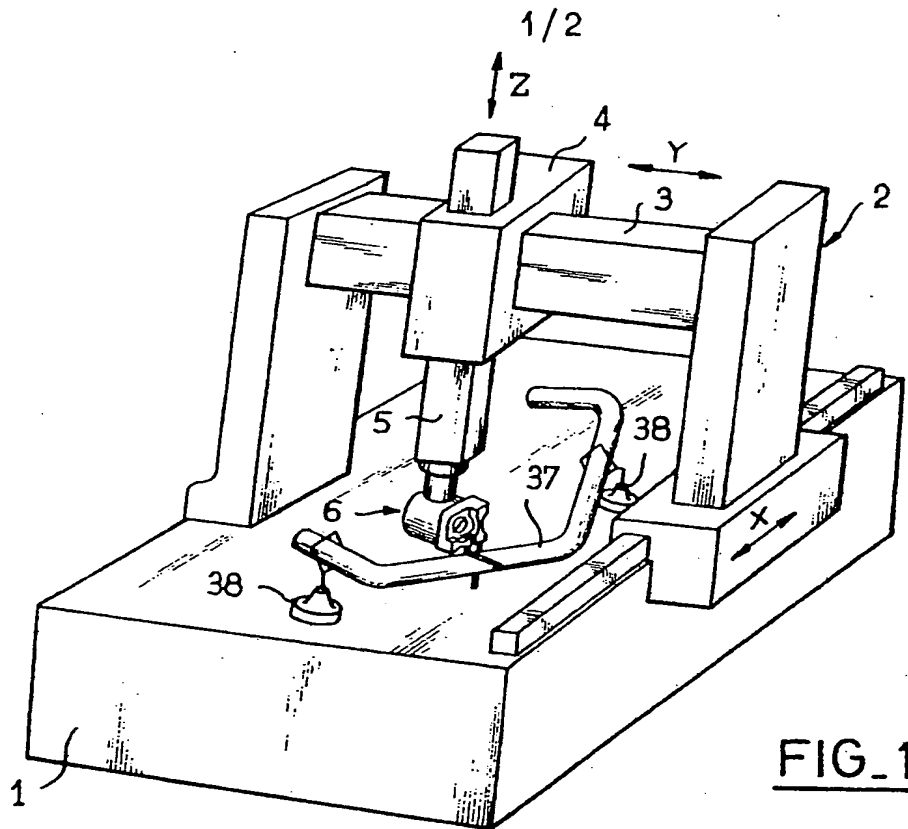
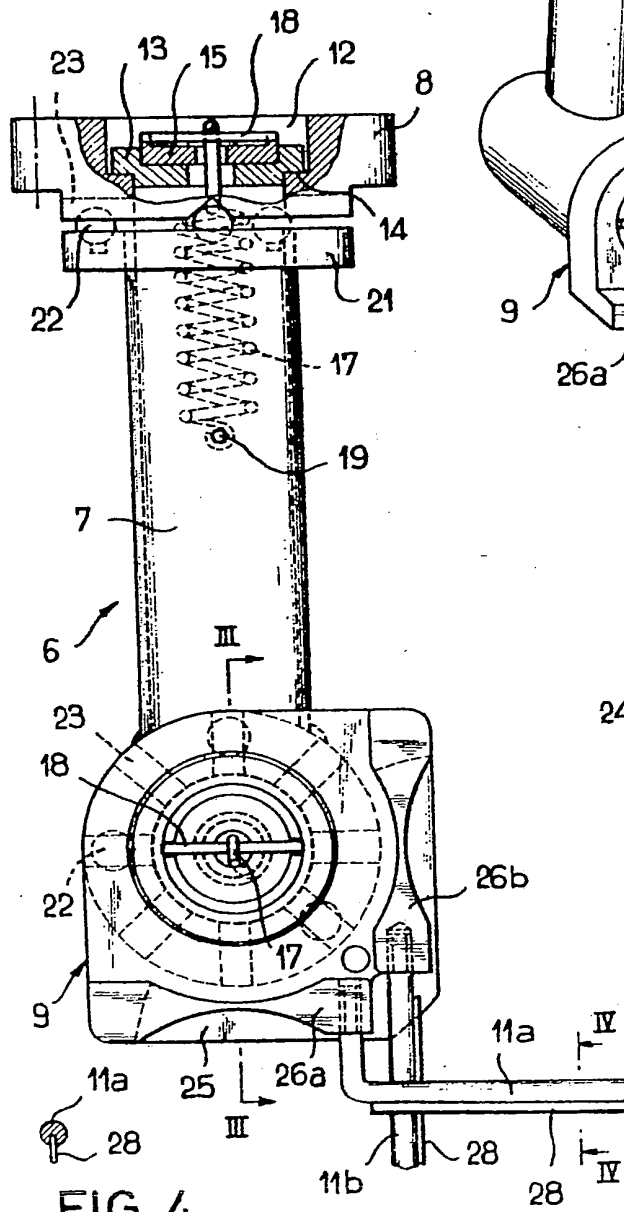
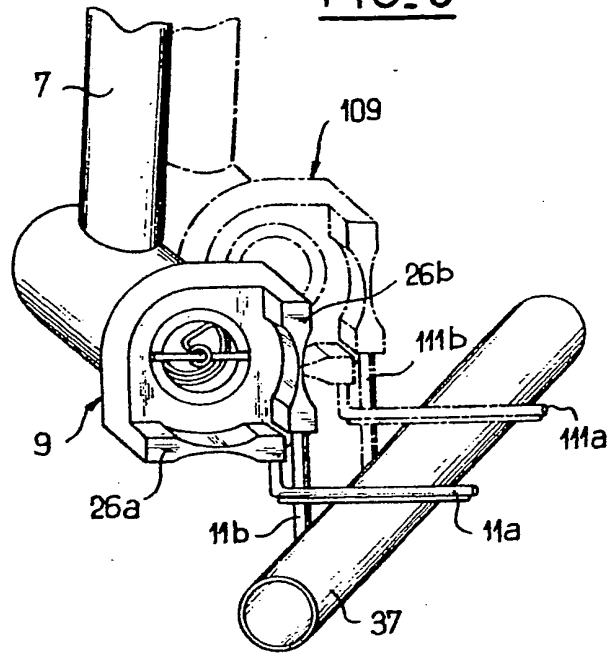


FIG. 2FIG. 4FIG. 6FIG. 3